

Rec'd PCT/PT 9 JUN 2005

10.09.2004

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

10/538230

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 9月12日
Date of Application:

出願番号 特願2003-321419
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP 2003-321419]

出願人 キヤノン株式会社
Applicant(s):

REC'D 02 DEC 2004

WIPO

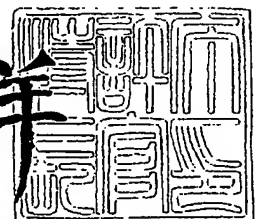
PCT

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年11月18日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川 洋



【書類名】 特許願
【整理番号】 257080
【提出日】 平成15年 9月12日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 H01L 21/027
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キャノン株式会社内
 【氏名】 鈴木 章義
【特許出願人】
 【識別番号】 000001007
 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 【氏名又は名称】 キャノン株式会社
 【代表者】 御手洗 富士夫
【代理人】
 【識別番号】 100090538
 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キャノン株式会社内
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 西山 恵三
 【電話番号】 03-3758-2111
【選任した代理人】
 【識別番号】 100096965
 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キャノン株式会社内
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 内尾 裕一
 【電話番号】 03-3758-2111
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 011224
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 9908388

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

光源からの光束で被照明面を照明する照明光学系において、
前記光源からの光束を、第 1 の回折光学素子に入射する光束と第 2 の回折光学素子に入射する光束とに分割する分割光学系と、
前記第 1 の回折光学素子からの光束の偏光状態を調節する第 1 の偏光ユニットと、
前記第 2 の回折光学素子からの光束の偏光状態を調節する第 2 の偏光ユニットと、
前記第 1 の回折光学素子からの光束と前記第 2 の回折光学素子からの光束とを統合して前記被照射面へと導く統合光学系と、を有することを特徴とする照明光学系。

【請求項 2】

前記第 1 の回折光学素子からの光束の光量を調節する手段及び／又は前記第 2 の回折光学素子からの光束の光量を調節する手段を有することを特徴とする請求項 1 記載の照明光学系。

【請求項 3】

前記第 1 及び／又は第 2 の回折光学素子に入射する光束の光路に遮光手段が設けられていることを特徴とする請求項 2 記載の照明光学系。

【請求項 4】

前記第 1 の回折光学素子からの光束の光量と前記第 2 の回折光学素子からの光束の光量とを検出する検出器を有し、
前記第 1 の回折光学素子からの光束の光量と前記第 2 の回折光学素子からの光束の光量との比を前記手段により調整することを特徴とする請求項 2 記載の照明光学系。

【請求項 5】

前記光源からの光束で複数の 2 次光源を形成するインテグレータを有し、
前記統合光学系は、該インテグレータの入射面で前記第 1、第 2 の回折光学素子からの光束を統合することを特徴とする請求項 1 記載の照明光学系。

【請求項 6】

前記統合光学系はズーム光学系を有することを特徴とする請求項 1 記載の照明光学系。

【請求項 7】

前記第 1 又は第 2 の偏光ユニットは、回転可能な $\lambda/2$ 板を有することを特徴とする請求項 1 記載の照明光学系。

【請求項 8】

前記第 1 又は前記第 2 の回折光学素子は、回転可能であることを特徴とする請求項 1 記載の照明光学系。

【請求項 9】

光源からの光束で被照明面を照明する照明光学系において、
前記光源からの光束が入射する第 1、第 2 の回折光学素子を有し、
前記被照射面と実質的にフーリエ変換の関係となる所定面における照度分布のうち第 1 の部分を前記第 1 の回折光学素子からの光束が形成し、該照度分布のうち第 2 の部分を前記第 2 の回折光学素子からの光束が形成することを特徴とする照明光学系。

【請求項 10】

前記光源からの光束が入射する第 3、第 4 の回折光学素子を有し、
前記照度分布のうち第 3 の部分を前記第 3 の回折光学素子からの光束が形成し、前記照度分布のうち第 4 の部分を前記第 4 の回折光学素子からの光束が形成することを特徴とする請求項 9 記載の照明光学系。

【請求項 11】

前記第 1 の部分を照明する光束の偏光状態と、前記第 2 の部分を照明する光束の偏光状態とは互いに直交する直線偏光であることを特徴とする請求項 13 記載の照明光学系。

【請求項 12】

複数の光源からの光束で被照明面を照明する照明光学系において、
前記複数の光源のうち第 1 の光源からの光束が入射する第 1 の回折光学素子と、

前記複数の光源のうち第2の光源からの光束が入射する第2の回折光学素子と、
前記第1の回折光学素子からの光束の偏光状態を調節する第1の偏光ユニットと、
前記第2の回折光学素子からの光束の偏光状態を調節する第2の偏光ユニットと、
前記第1の回折光学素子からの光束と前記第2の回折光学素子からの光束とを統合して
前記被照射面へと導く統合光学系と、を有することを特徴とする照明光学系。

【請求項13】

光源からの光束で被照明面を照明する照明光学系において、
回折光学素子と偏光ユニットを有する第1、第2の光学系と、
前記第1の光学系からの光束と前記第2の光学系からの光束とを統合して前記被照射面
へと導く統合光学系と、を有することを特徴とする照明光学系。

【請求項14】

レチクルを照明する請求項1～13のいずれか一項記載の照明光学系と、該レチクルの
パターンを基板に投影する投影光学系とを有することを特徴とする露光装置。

【請求項15】

前記第1の回折光学素子からの光束の光量と前記第2の回折光学素子からの光束の光量
とを検出する検出器を有し、

前記第1の回折光学素子からの光束の光量と前記第2の回折光学素子からの光束の光量
との比を調整することを特徴とする請求項14記載の露光装置。

【請求項16】

前記照明光学系は、前記レチクル面に相当する位置における光量をモニタするモニタ部
を有し、

前記バランスの調整に応じて、該モニタのキャリブレーションを行うことを特徴とする
請求項15記載の露光装置。

【請求項17】

前記検出器は、前記レチクル面又は前記基板面に相当する位置における光量を検出する
ことを特徴とする請求項15記載の露光装置。

【請求項18】

請求項14～17のいずれか一項記載の露光装置を用いて基板を露光する工程と、該基
板を現像する工程とを有することを特徴とするデバイス製造方法。

【書類名】明細書

【発明の名称】照明光学系及びそれを用いた露光装置

【技術分野】

【0001】

本発明は照明光学系及びそれを用いた露光装置に関するものであり、特に、偏光を考慮した照明光学系及び、それを用いた半導体用の単結晶基板、液晶ディスプレイ用のガラス基板などの被処理体を露光する露光装置に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体デバイスの微細化に伴い、半導体露光装置で使用される露光波長はますます短波長化され、KrF (248 nm) から ArF (193 nm)、さらには F2 レーザの 157 nm までうかがう状況になってきている。また、同時に投影光学系の NA も大型化されて通常雰囲気中で 0.90、液浸露光装置の投影光学系の場合には 1.2 を越える大きな値も実現されようとしている。

【0003】

微細化は半導体産業のダイナミックスを支えるもっとも大きなファクタで、256 M DRAM で 0.25 μ m 解像を要求した時代から、さらに 180 nm、130 nm、100 nm へと世代が急速に変わりつつある。i 線 (365 nm) までのリソグラフィでは波長以下の解像は使われてこなかったが、KrF は 248 nm の波長でありながら 180 nm さらには 130 nm の線幅に適用されることになった。レジストの進歩、超解像技術等の成果を駆使して、波長以下の解像を実用化する時代が本格化してきたと言えよう。種々の超解像技術を駆使すれば、ラインアンドスペースで波長の 1/3 の線幅が実用の視野に入ってきている。

【0004】

しかしながら超解像技術にはパターン上の制約が伴うことも多く、解像力向上の王道は何といっても波長を短くし、投影光学系の NA を向上させることである。また近年、結像の細かな解析が進むにつれて、従来では問題としなかったようなパラメータを考慮しなければならないようになってきた。これらにはフレアであるとか、光が電磁波であることに伴う偏光の問題などが挙げられる。

【特許文献 1】特開平 8-008177 号公報

【特許文献 2】特開平 4-366841 号公報

【特許文献 3】特開平 5-088356 号公報

【特許文献 4】特開平 5-090128 号公報

【特許文献 5】特開平 6-124872 号公報

【特許文献 6】特開平 6-181167 号公報

【特許文献 7】特開平 6-188169 号公報

【特許文献 8】特開 2001-284212 号公報

【特許文献 9】特開平 11-176721 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

これらの問題のうちで、偏光の問題は投影光学系の NA が大きくなるにつれて次第に大きな影響をもつようになってきている。偏光の問題とは 2 つのビームが交わった時に、該 2 つのビームの偏光が直交していると干渉しなくなるという問題である。仮に 2 つのビームが光軸に対して対称に配置されている場合、光軸と一方のビームの角度は 45° となるため、NA 0.71 付近になるとこの直交条件を満足するビームのペアが発生してくることになる。従って、現状の 0.80 を越えるような投影光学系では結像ビーム同士が干渉しなくなってしまうような条件が既に存在していることになる。

【0006】

液浸式露光装置の場合には直交条件の存在はよりクリティカルである。というのは通常

の空気、又は窒素、ヘリウム等の雰囲気（以下ドライと呼ぶ）中で直交条件となっていて、屈折率 n_{PR} を持つレジストに θ_0 で入射した光線がレジスト中で持つ角度 θ_{PR} は

$$\sin \theta_0 = n_{PR} \sin \theta_{PR} \quad (1)$$

となり、角度が θ_0 より小さくなって直交条件を満たさなくなるからである。実際 193 nm の波長でのレジストの屈折率は 1.7 前後なので、 θ_{PR} が 45° になると、(1) 式の右辺が $1.7 \times \sin 45^\circ = 1.20$ となり、1 を越えてしまうので、 θ_{PR} が 45° となって直交条件を満たすことはドライの場合には起こりえない。

【0007】

しかしながら、液浸露光の場合にはレジストと投影光学系の間が液体で満たされているので、光線があまり屈折せず θ_{PR} が 45° になる場合が存在してしまうのである。

【0008】

これに対処するため、照明光学系の偏光状態を制御して投影光学系によって結像される像のコントラストを落とさないようにすることも提案されている（例えば、特許文献 1～7 参照。）。

【0009】

一方、高解像力に伴いレチクルを照明する角度分布を様々に制御して、焼き付けるパターンに対して最適化された照明光学系を構成しようという動きが顕著になっている。従来の単純な輪帯照明だけではなく、4重極、2重極、6重極など様々な光源形状が提案され、露光尤度や焦点深度を大きくするのに寄与している。様々な光源形状の要求に応えるフレキシビリティは照明光学系に回折光学素子として、例えば CGH (Computer Generated Hologram) を挿入することで実現され、光リソグラフィの進歩に重大な貢献をしている（例えば、特許文献 8、9 参照。）。

【0010】

しかしながら、液浸式露光装置で特に顕著になってきた偏光に対する要求と、フレキシビリティを持った照明光学系というのは従来存在していなかった新たな課題である。

【0011】

そこで、本発明の例示的な目的は、偏光と回折光学素子による光学系のマッチングを図り、特に液浸式露光装置の投影光学系のような高 NA 光学系に好適な照明光学系を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記目的を達成するために、本発明の一側面としての照明光学系は、光源からの光束で被照明面を照明する照明光学系において、前記光源からの光束を、第 1 の回折光学素子に入射する光束と第 2 の回折光学素子に入射する光束とに分割する分割光学系と、前記第 1 の回折光学素子からの光束の偏光状態を調節する第 1 の偏光ユニットと、前記第 2 の回折光学素子からの光束の偏光状態を調節する第 2 の偏光ユニットと、前記第 1 の回折光学素子からの光束と前記第 2 の回折光学素子からの光束とを統合して前記被照射面へと導く統合光学系と、を有することを特徴とする。

【0013】

本発明の更なる目的又はその他の特徴は、以下、添付の図面を参照して説明される好ましい実施例等によって明らかにされるであろう。

【発明の効果】

【0014】

従来よりも、性能の良い照明光学系を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下に、本発明の実施の形態を添付の図面に基づいて詳細に説明する。

【実施例 1】

【0016】

図 1 は本発明による露光装置における照明光学系の実施例 1 の構成を示すものである。

【0017】

光源としてのレーザ1から射出する光は露光装置に用いるエキシマレーザの場合、通常直線偏光である。照明光学系全体としての偏光状態を制御するため、本実施例ではレーザが本来持っている偏光特性を利用する。

【0018】

レーザを射出した光は次いでビームエキスパンダ等を有するビーム整形光学系2で続く光学系に整合するようにビーム形状を整えた後、分割光学系としてのビームスプリッタ3に入り、2つに分割される。実際にはレーザは配置場所の関係で露光装置から離れた場所に置かれて、ビームスプリッタに至るまでに引き回し光学系を介して長い距離を導光される場合もある。レーザからビームスプリッタに至るまでの引き回しの関係で、レーザ光がビームスプリッタ3にs偏光で入ったとすると、ビームスプリッタの膜はs偏光の光を1:1の強度比で分割するように設定すればよい。

【0019】

もしレーザが無偏光のものであればビームスプリッタ3として偏光ビームスプリッタを用いれば良い。この場合も分割された2つの光は互いに直交する直線偏光となっており、強度も殆ど等しくなっている。要は分割した後の光路の強度がほぼ等しく、直線偏光状態になっているような分割作用が行われる。

【0020】

ビームスプリッタ3を透過した光はミラー4で反射される。分割された光は別々の光路でそれぞれ偏光ユニット5a、5bとCGH6a、6bに入射する。これらの作用については後述するが、要は各々の光路に偏光状態を調整する偏光ユニットと有効光源形状を形成するCGHとが独立に配置されている（偏光ユニット5aとCGH6aを有する第1の光学系と、偏光ユニット5bとCGH6bを有する第2の光学系とが夫々別の光路に配置されている）ことが本発明で重要な点である。

【0021】

次いで光はコリメータ7a、7bを通過してビーム統合光学系8に入射し、インテグレート10にいたる。インテグレート10は本実施例の場合ハエの目レンズとなっており、その射出面に複数の2次光源を形成している。

【0022】

インテグレート10以降の照明光学系の構成は11a、11bのコンデンサ、12のスリット、13のコンデンサから14のミラー、15のコリメータを介して16のレチクルを照明する。また露光量制御を行うため、照明光学系の与える光量を検出するために光を取り出すビームスプリッタ17が本実施例ではコンデンサ11aと11bの間に配置されている。レチクル面上での光量はレチクル面上で移動可能に配置されたフォトディテクタ18で検出することができる。

【0023】

レチクル11を透過した光は投影光学系21を介してウエハ22に投影結像される。ウエハはウエハチャック23上に載置されており、さらに23はウエハステージ24上に搭載されている。ウエハステージ上には光量を検出する検出器を有する検出系25が搭載され、照明光学系、投影光学系全体を通過した光量を検出することができる。

【0024】

ここでは光検出器の位置をレチクル面、あるいはウエハ面に相当する位置において例を示したが、検出器は瞳位置に相当とする位置においても同様の機能を達成することができる。

【0025】

露光装置に要求される有効光源のフレキシビリティと偏光状態の制御を行う原理を示したのが図2である。ここではキーコンポーネントであるCGH6a、6bとインテグレート10との関係を示した。即ち本発明ではCGH6aと6bによりインテグレート10の上に必要とされる有効光源分布を形成するのであるが、6aと6bの光路を別にしたことで、各光路について偏光を独立に制御できることを特徴としている。このため、光を有効

に使うことができ、効率のよい照明光学系を構成することができる。なお、本実施例においては、インテグレータとしてハエの目レンズを使用しているため、その入射面に有効光源分布を形成することにより射出面で同様の有効光源分布を得ているが、要するに、レチクルに対し実質的にフーリエ変換面（瞳共役面）となっているところに回折光学素子としてのCGH 6aと6bで結果的に有効光源分布を形成すればよい。従って、インテグレータとして、内面反射鏡としての光パイプを用いた場合にも、同様の効果を得ることができる。

【0026】

図3は例えばXY軸上に有効光源のある4重極照明を行う時の原理を示す図である。図のように、Y軸上の有効光源は横方向の偏光を持ち、X軸上の有効光源は縦方向の偏光方向を持つことが好ましい。そこでCGH 6aは10のX軸上に図3の左上61a1、61a2のような分布を作る。このときの偏光状態は直線偏光で、偏光方向は縦方向となっている。一方、CGH 6bは10のY軸上に図3の右上61b1、61b2のような分布を作る。このときの偏光状態は直線偏光で、偏光方向は横方向となっている。CGH 6a、6bは同じ物を用いることができ、配置する時90度回転して配置すればよい。偏光方向の制御は偏光制御素子5a、5bによって行われる。偏光制御素子5a、5bとしては回転 $\lambda/2$ 板等を用いることができる。5a、5bが夫々独立しているので、CGH 6a、6bを通過した光の偏光状態を独立に制御してインテグレータ10に光を導くことができる。結果的に得られるのは図3の下にあるような有効光源で、偏光方向が中心を結ぶ線と直交する切線方向になった照明が実現される。

【0027】

このとき、同じCGHを通過した有効光源、即ち61a1と61a2、61b1と61b2はCGHにより同じ光量にできるが、61a系統の光と61b系統の光の光量も揃える必要がある。このため、各光路に光量調整用のNDフィルタを入れると露光線幅制御を正確に行うことが可能となる。また、実際に必要となる調整量は微小なので、径の大きさが可変となる絞りをCGHに入る前の光路に入れて相互の調整を行うこともできる。光量調整機能の詳細については後述する。

【0028】

CGHの効果は2重極照明を行う時に効果が大きい。図4はX軸上に2重極照明を実現する時の様子を示したものである。図3と同じようにCGH 6aは10のX軸上に図4の左上62a1、62a2のような分布を作る。このときの偏光状態は直線偏光で、偏光方向は縦方向となっている。一方、CGH 6bも10のX軸上に図4の右上62b1、62b2のような分布を作る。このときの偏光状態は直線偏光で、偏光方向は縦方向となっている。CGH 6a、6bは同じ物を同じ配置で用いることができる。偏光制御素子5a、5bの作用によりCGH 6a、6bを通過した光は同じ偏光状態を持つ。偏光制御素子5a、5bは偏光方向を回転させるだけで、光量の減少を伴わないので、2重極照明でも図3の4重極照明と同一の効率で照明を行うことができる。

【0029】

図5は図4の場合と90°異なった配置の2重極照明をする場合の図である。CGH 6aは10のY軸上に図5の左上63a1、63a2のような分布を作る。このときの偏光状態は直線偏光で、偏光方向は横方向となっている。一方、CGH 6bも10のY軸上に図5の右上63b1、63b2のような分布を作る。このときの偏光方向も横方向となっている。CGH 6a、6bは図4と同じ物を、ただし90°回転した配置で用いることができる。この場合も偏光制御素子5a、5bの作用によりCGH 6a、6bを通過した光は同じ偏光状態を持ち、図3の4重極照明と同一の効率で照明を行うことができる。

【0030】

CGHはより複雑な有効光源分布も簡単に作ることができる。図6はその一例で、中央部は偏光特性が無く、外周部にだけ切線方向の偏光特性を持たした有効光源の実現例である。図中、CGH 6aによって形成される有効光源64aの部分の各点強度は64a1、64a2の部分の強度の1/2で、偏光方向は縦方向に調整されている。またCGH 6b

によって形成される有効光源 64b の部分の各点強度は 64b1、64b2 の部分の強度の $1/2$ で、偏光方向は横方向に制御されている。両者を合成すると、強度分布としては一様で、中心部分は偏光特性が無く、一番外側の部分だけが切線方向に偏光している有効光源を実現することができる。

【0031】

偏光方向の制御も例えば偏光ユニット 5 を回転可能な $\lambda/2$ 板とすれば、該 $\lambda/2$ 板の設定角を制御することにより縦横方向だけでなく任意の方向に設定することが可能である。図 7 は $\pm 45^\circ$ 方向の偏光方向を組み合わせることで切線方向の偏光状態を持つ輪帯照明を実現した例である。片一方の CGH で $+45^\circ$ 方向の有効光源 65a1、65a2 を図のように形成し、一方もう一方の CGH で -45° 方向の有効光源 65b1、65b2 を図のように形成させて、インテグレータ 10 の上で重ねあわせれば、 ± 45 度の偏光方向で形成される輪帯照明を実現することができる。

【0032】

更には、図 11 のような、中心に十字型の非照明部を有し、その周辺の $\pm 45^\circ$ 方向の部分が無偏光、 $\pm 90^\circ$ 方向の部分が切線方向の偏光である有効光源分布を実現することも可能である。

【0033】

この他にもっと複雑な有効光源分布と偏光方向の組み合わせも容易に実現することが可能である。

【0034】

異なる有効光源を形成させる時には光源の形状に合わせて CGH を交換する必要がある。例えば輪帯照明でも $2/3$ 輪帯の時と、 $3/4$ 輪帯の時では CGH を交換する必要がある。輪帯照明にはもう一つ重要なパラメータ、即ち有効光源の外径を決定する必要がある。これはインテグレータ 10 の上に形成される輪帯の大きさ（径）を制御することに相当し、この役割をするのがビーム統合光学系 8 である。輪帯の限らず有効光源のインテグレータ上での大きさを変える目的で、8 はズーム機能を持っている。

【0035】

照明光学系の機能としては通常の円形をした照明形状も勿論求められる。このときは、いわゆる σ （＝照明光学系のレチクル側開口数／投影光学系のレチクル側開口数）を調整することが求められる。従って、照明光学系の瞳面（レチクル面とフーリエ変換の関係にある面、インテグレータ 10 の射出面に相当）での照度分布の形状を変えなければならず、インテグレータ入射面の光束径を可変にすることが求められる。8 のズーム機能はこの可変の要求に対応したものである。円形の有効光源形状を求められるときはインテグレータ上に円形のパターンが形成されるような CGH 6 を使用する。あるいは、円形であることを利用して通常のレンズを用いた光学系をターゲット式にして光学系に挿入しても良い。特定の偏光方向を持たないような照明を要求される場合には、互いに直交する直線偏光を同じ光量だけ入れればよいし、特定の方向にのみ位相シフトがかかったパターンがあるときには、故意に特定の偏光方向を持つように系を構成することも可能である。

【0036】

以上述べてきたように、本実施例では回折光学素子としての CGH の交換とズーム機能によって照明光学系のフレキシビリティは大幅に向上し、さらに偏光方向の制御も達成されていることになる。

【0037】

CGH を沢山の種類用意することは交換も時間がかかるし、コストも必要となる。しかしながら各 CGH に回転機能を付加すると、用意する CGH の数を大幅に減らすことが可能となる。例えば図 4 と図 5 に示した 2 重極照明を例にとって見る。図 4 と図 5 で 2 重極自体の形状は単純に形状が 90° 回転しただけであるとする。先ず図 4 の場合について図 1 の系の番号を参照しながら説明すると、CGH 6a と 6b はインテグレータ 10 の上に同じ形状の有効光源を形成させるので、全く同一でよい。即ち同一の CGH を用いることができる。

【0038】

一方、図5の2重極は図4の2重極の形状を 90° 回転したものである。この場合、図4の系で用いたCGHを 90° 回転すればよいことになる。従って、CGH自体に回転機能がついていれば、図4の有効光源から図5の有効光源に変えるときにCGHの交換をする必要がなくなる。さらに、図3の系の4重極を構成する個々の2重極の構成が図4、5と同じ、即ち例えば図3の61a1、a2と図4の62a1、a2、また図3の61b1、b2と図5の63b1、b2が同じであれば、図3～5の有効光源形状を作るのに必要なCGHは1種類、2枚で済むことになる。

【0039】

しかし、さらに他の種類の有効光源形状を形成するには、複数種類のCGHが必要となる場合もあり、その場合には夫々のCGHを光路から挿脱可能な構成とする。このとき、複数種類のCGHをターレットに載せて光路中に切替える構成としても良い。

【0040】

なお、上記実施例においては、複数の光路中の夫々に偏光ユニットを配置することにより偏光状態を変更可能としていたが、特に偏光状態を変更する必要が無い場合には、それらの一部又は全部を省略しても良い。

【実施例2】

【0041】

以下、本発明の実施例2について説明する。

【0042】

図8は実施例2の照明光学系の一部を表す図であり、偏光の制御を実施例1よりも細かく行うために光源からの光がビーム整形光学系2を射出した後、光路を4分割し、例えば縦横方向だけでなく、さらに $\pm 45^\circ$ 方向も制御できるようにした構成の光路分割部を示したものである。光路は先ずビームスプリッタ3で2分割された後、さらにビームスプリッタ31A、31Bによって各々が2分割されて4つのビームが形成される。各々のビームに偏光ユニット5A～5D、CGH6A～6D、及び不図示のコリメータ4つが夫々配置されている。光路統合素子8以下の構成に関しては、図1で示した実施例1の構成と同様の構成であるためここでは説明を省略する。

【0043】

図7は図8の系で切線方向の偏光方向を持つ輪帯照明を形成させた例である。4つの光路があるので4つの偏光方向を制御することができるため、本実施例では 0° 、 90° 、 $\pm 45^\circ$ の4つの方向の直線偏光を組み合わせることで輪帯照明を形成させている。即ち、第1の光路で偏光方向 0° で61A1、A2の有効光源、第2の光路で偏光方向 90° で61B1、B2の有効光源、第3の光路で偏光方向 $+45^\circ$ で61C1、C2の有効光源、第4の光路で偏光方向 -45° で61D1、D2の有効光源を形成して全体の輪帯を形成する。CGHでは任意の有効光源を作ることができることが利用されている。有効光源の外周部は切線方向の直線偏光となっている。

【0044】

本実施例の場合には蝨の目の形状に合わせたためCGHは2種類を2枚ずつ用いる構成となっているが、完全にドーナツを切ったような形状の有効光源を各CGHにより形成させる場合には、同じCGHを 45° ずつ4枚互いに回転した配置で各光路に置くことも可能である。

【0045】

勿論、4方向の偏光方向が必要でない場合には偏光ユニット5の調整により、全てのCGHからの光を同一の偏光方向にそろえることもできるし、2方向、あるいは3方向にすることも可能である。どのような偏光状態にするかは、露光対象となるパターンの特性によって異なるが、本実施例では最適条件に容易に設定することが可能である。

【実施例3】

【0046】

以下、本発明の実施例3について説明する。

【0047】

本実施例では、実施例1や2の露光装置において光量検出や光量調節を行う方法について示す。

【0048】

偏光状態を自在に扱う照明光学系で問題となるのは光量の検出法である。図1の系ではインテグレータ10の後の光学系にビームスプリッタ17を配し、そこで反射した光の光量をモニタ部としてのライトインテグレータユニットLIでモニタして露光量の制御を行っている。しかしながら、ビームスプリッタ17は照明光学系の光軸に対して斜めに配置されているため、当然、偏光によって反射率が異なる。本発明の照明光学系では偏光方向が図3～5にあるように縦横方向だけでなく、図6のように±45°、あるいはそれ以外の角度も存在しうる複雑なものなので、照明光学系がレチクルに与えるエネルギーを、偏光特性を持つ光量検出系で正確にモニタするのは困難である。

【0049】

また、場合によっては光路同士の光量のバランスを取る必要が生じる場合もある。例えば図3の系のX軸上にある有効光源と、Y軸上にある有効光源強度に差があると、露光した際に形成される縦線と横線の線幅が異なってしまうことが起こりうる。この光量差はビームスプリッタ3の性能や、CGH自体の個体差から生じるもので、3で別れた後の光路同士の差と考えてよい。

【0050】

一方、図4や図5のような2重極系では別れた光路同士が作る有効光源の像と偏光方向が両者とも同じなので、図3の場合と異なり別れている光路同士の光量のマッチングは取る必要が無い。

【0051】

従って、露光を行う前に図3のような有効光源を用いる場合には分かれた光路同士の光量の調整を行う必要がある。このため、本発明では別れた光路同士の光量をレチクル面相当の位置に配置できる移動可能なディテクタ18で検出して調整するとともに、ライトインテグレータLIの値をキャリブレーションすることを特徴としている。

【0052】

また、レチクル面相当に置かれたディテクタ18の代わりにウエハ面相当の位置で光量を検出できる、ウエハステージ上に配置された光電検出系25で同様の機能、即ち別れた光路同士の光量検出と必要であれば調整、及びライトインテグレータLIのキャリブレーション機能を持たせることができる。18で行っても、25で行っても結果は似ているが、投影光学系21が偏光特性を持っている場合にはウエハ側で検出する25を用いる方がより精度が高い露光量制御を行うことができる。投影光学系21が偏光特性を持っている例としてカタジオプトリック光学系をあげることができる。

【0053】

次に、各光路の光量調整とライトインテグレータの制御条件を定める手順を説明する。まず、照明光学系の偏光状態制御手段5及び、CGH6及び光路統合素子8のズームは露光を行う条件にセットされる。

【0054】

ビームスプリッタ3で分割された各々の光路には該光路の光を独立に遮断できるシャッタと光量調整機能が装備されている。一つ一つの光路の光量を検出する場合にはまず第1の光路のみ光が通過するようにし、残りは遮光しておく。この状態で18または25で検出された光量、及びこのときのLIの値を不図示のメモリに記憶しておく。ここでは説明の都合上、光量検出系25で光量を検出することとしておく。

【0055】

次いで第2の光路、さらに構成によっては他の光路に対しても同様の計測を行う。まず、LIと25の出力値の比を取って、LIで制御する値と実際の光量の比を確定する。偏光状態が照明法によって変わるので、この比の値は照明法（照明モード）が変わるごとにやり直す必要がある。

【0056】

次いで、各光路の光量バランスを調整する。前にも説明したように、図4、5に示したような2重極照明のように光量バランスを行う必要が無い場合はこの工程は不要である。

【0057】

光量調整では光量検出系25で検出された光量のうち、最小値を持つ光路を基準とし、この光量に各光路の光量が合うように調整が行われる。光量調整については各光路に設けられた光量調節手段を用いて行われる。光量調整手段としてはNDフィルタを用いる方法や、CGHに入る光束の径を制御する方法などを採用することができる。CGHに入る光束の径を制御する方法は、入射光束の径が変わってもインテグレート上に形成される像が変わらないことを利用した方法である。実際の光量比調整は、初期のビームスプリッタの膜さえきちんとできておれば、それほど大きな範囲を必要とするわけではない。従って、虹彩絞りのような径を可変にできる手段を用いることによって連続的な調整が可能になる。NDフィルタを用いる場合には数種のフィルタを用意して切り換えるので空間が必要となるが、虹彩絞りだと場所を取らない点、有利である。また、虹彩絞りはシャッタ機能を同時に兼ね備えることも可能である。図10は光量調整機能の付いた光路の構成を示したものである。回転可能な $\lambda/2$ のような偏光ユニット5と同じく回転可能なCGH6の前に、シャッタもかねた虹彩絞り28が配置されている例である。CGH6を通過してしまうと、光が回折して広がってしまうので虹彩絞りはCGH6の前に配置する必要があるが、偏光ユニット5と位置を入れ替えることも可能である。なお、光量調節手段を各光路全てには配置せず、一部の光路にのみ配置する構成としても良い。

【0058】

上記あげた光量調整手段により、必要な場合は各光路の光量比を調整し、ライトインテグレートで検出される光量と、露光量の対応がつけば、露光動作に入ることができる。

【0059】

本実施例は、本発明の他の全ての実施例の露光装置において実施可能である。

【0060】

以上述べたように、上記実施例の発明では光路を分割してそれぞれにCGHと偏光素子を独立に設けることで、偏光方向を制御できて、効率がよく、対応性とんだ照明光学系を構成することが可能となった。また、露光するパターンに合わせた偏光状態と有効光源の形状で露光できるため、解像力の向上に寄与することが大である。また、上記実施例の照明光学系ではCGHに入射する光がインテグレート上のパターンに変換される形式となっており、偏光も $\lambda/2$ のような素子で変換されるのでどのような照明法であろうと効率は不変である。偏光を考慮した2重極照明を行う時にも、上記実施例の照明光学系を用いれば所望の有効光源分布を、効率を落とすことなく、高い解像性能を発揮できる露光装置を実現することができる。

【実施例4】

【0061】

以下、本発明を液浸式露光装置に適用した実施例4について説明する。

【0062】

図12は本発明による液浸式露光装置の構成を示す図であり、紙面の上下方向(z方向)が実際の垂直方向に対応する。なお、実施例1と同様の部材には同じ番号をもちいている。

【0063】

本実施例においては、照明装置ISからの露光光はレチクル16を照明し、レチクル16のパターンは投影光学系21'によって縮小されて感光性の基板としてのレジストが塗布されたウエハ22に投影され転写される。ここで、照明装置ISは実施例1と同様の構成であり、図1における光源としてのレーザ1と、照明光学系としてのビーム整形光学系2からコリメータ15までの部材とを含むものである。

【0064】

本実施例の液浸式露光装置は、所謂ステップ・アンド・スキャン方式の露光装置であり

、レチクル16とウエハ22とが同期走査され露光が行われる。

【0065】

投影光学系終端部77は投影光学系PLの一部をなし、例えば光学素子としてのレンズからなり、最もウエハ22に近い位置に配置されている部材である。

【0066】

79aは液体供給装置であり、管73a、ノズル71aを介して、液体を投影光学系終端部6とウエハWの間に供給し、液膜7を形成させるものである。

【0067】

また、9bは液体回収装置であり、ノズル71b、管73bを介して、液体を回収するものである。

【0068】

なお、液浸式露光装置で用いる液体は、露光光をできるだけ吸収することなく透過させなければならないなどの条件が必要である。ArFやKrFエキシマレーザを光源として用いた液浸式露光装置では、液体として純水を用いることができる。

【0069】

本実施例では、照明光学系として、光路を2つにわけ、少なくとも一方の光路にCGHと偏光ユニットを置いて、インテグレータの入射面で両者を再統合する照明光学系を用いているので、所望の有効光源形状の形成と偏光制御が容易に可能となり、レジスト内で結像光が直交する場合であっても解像性能に影響をあまり与えないようにすることができる。

【実施例5】

【0070】

以下、実施例5について説明する。

【0071】

図13は、本発明の実施例5の露光装置の概略をあらわす図である。

【0072】

実施例1～4では、光源としてレーザを1つのみ用いていた。しかし、本実施例では、光源としてレーザ1aとレーザ1bの2つを用いている。

【0073】

実施例1においては、ビーム整形光学系2から出た光をビームスプリッタ3で分割して2つの光束としていた。しかし、本実施例においては、30と40は折り曲げミラーであり、ビーム整形光学系2a、2bから出射した光束を夫々偏光ユニット5a、5bへと導いている。なお、図12においても、実施例1と同様の役割を担う部材には同じ番号をもちいている。

【0074】

この場合に、レーザ1a、1bからの夫々の光が折り曲げミラー30、40に入射する際、その夫々の光の偏光方向が互いに直交しているように構成すると良い。

【0075】

本実施例では、光源をレーザ2つで構成していたが、それには限定されず、レーザは3個以上でも良い。例えば、実施例2において、光源をレーザ4つで構成しても良い。

【0076】

また、本実施例の照明装置（レーザ1a、1b～コリメータ15までの部材）を実施例4の液浸式露光装置に用いても良い。

【0077】

実施例1～5においては、露光装置として所謂ステップ・アンド・スキャン方式の露光装置を用いたが、ステップ・アンド・リピート方式の露光装置を使用してもよい。

【実施例6】

【0078】

次に、前述した露光装置を利用したデバイスの製造方法の実施例を説明する。

【0079】

図14はデバイス（ICやLSI等の半導体チップ、液晶パネルやCCD）の製造フローを示す。ステップ1（回路設計）では半導体デバイスの回路設計を行う。ステップ2（マスク製作）では設計した回路パターンを形成したマスク（レチクル）を製作する。一方、ステップ3（ウエハ製造）ではシリコン等の材料を用いて基板（被処理体）としてのウエハを製造する。ステップ4（ウエハプロセス）は前工程と呼ばれ、上記用意したマスクとウエハとを用いて、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。次のステップ5（組み立て）は後工程と呼ばれ、ステップ4によって作成されたウエハを用いてチップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ6（検査）ではステップ5で作成された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行なう。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ7）される。

【0080】

図15は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ11（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。ステップ12ではウエハの表面に絶縁膜を形成する。ステップ13（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ14（イオン打ち込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ15（レジスト処理）ではウエハにレジスト（感材）を塗布する。ステップ16（露光）では前述した露光装置によってマスクの回路パターンの像でウエハを露光する。ステップ17（現像）では露光したウエハを現像する。ステップ18（エッチング）では現像したレジスト以外の部分を削り取る。ステップ19（レジスト剥離）ではエッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらステップを繰り返し行うことによりウエハ上に回路パターンが形成される。

【0081】

本実施例の製造方法を用いれば、従来は難しかった高集積度のデバイスを製造することが可能になる。

【0082】

以上、本発明の好ましい実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されないことはいうまでもなく、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【図面の簡単な説明】

【0083】

【図1】本発明の実施例1の露光装置を表す図である。

【図2】本発明の原理を説明する図である。

【図3】4重極照明を実現させた例を表す図である。

【図4】2重極照明を実現させた例を表す図である。

【図5】図4と直交する2重極照明を実現させた例を表す図である。

【図6】中心部が無偏光、周辺が切線方向の偏光を持つ照明を実現させた例を表す図である。

【図7】 $\pm 45^\circ$ 方向の部分が切線方向の偏光を持つ輪帯照明を実現させた例を表す図である。

【図8】本発明の実施例2の照明光学系の一部を表す図である。

【図9】切線方向の偏光を持つ輪帯照明を実現させた例を表す図である。

【図10】本発明の実施例3の照明光学系の一部を表す図である。

【図11】十字の非照明部の周辺の、 $\pm 45^\circ$ 方向の部分が無偏光、 $\pm 90^\circ$ 方向の部分が切線方向の偏光を持つ照明を実現させた例を表す図である。

【図12】本発明の実施例4の液浸式露光装置を表す図である。

【図13】本発明の実施例5の露光装置を表す図である。

【図14】デバイスの製造フローを示す図である。

【図15】図14中のウエハプロセスを示す図である。

【符号の説明】

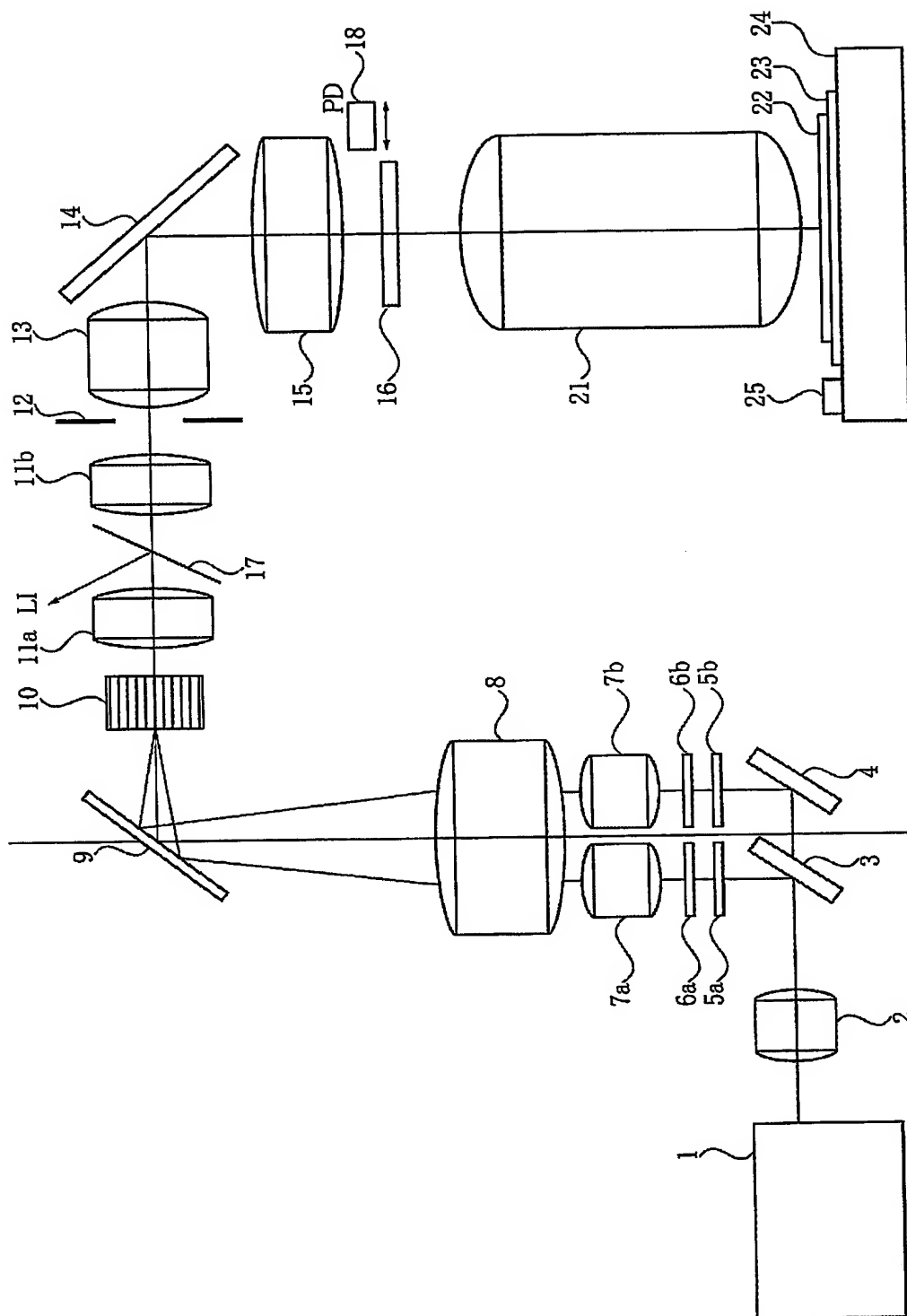
【0084】

1 レーザ

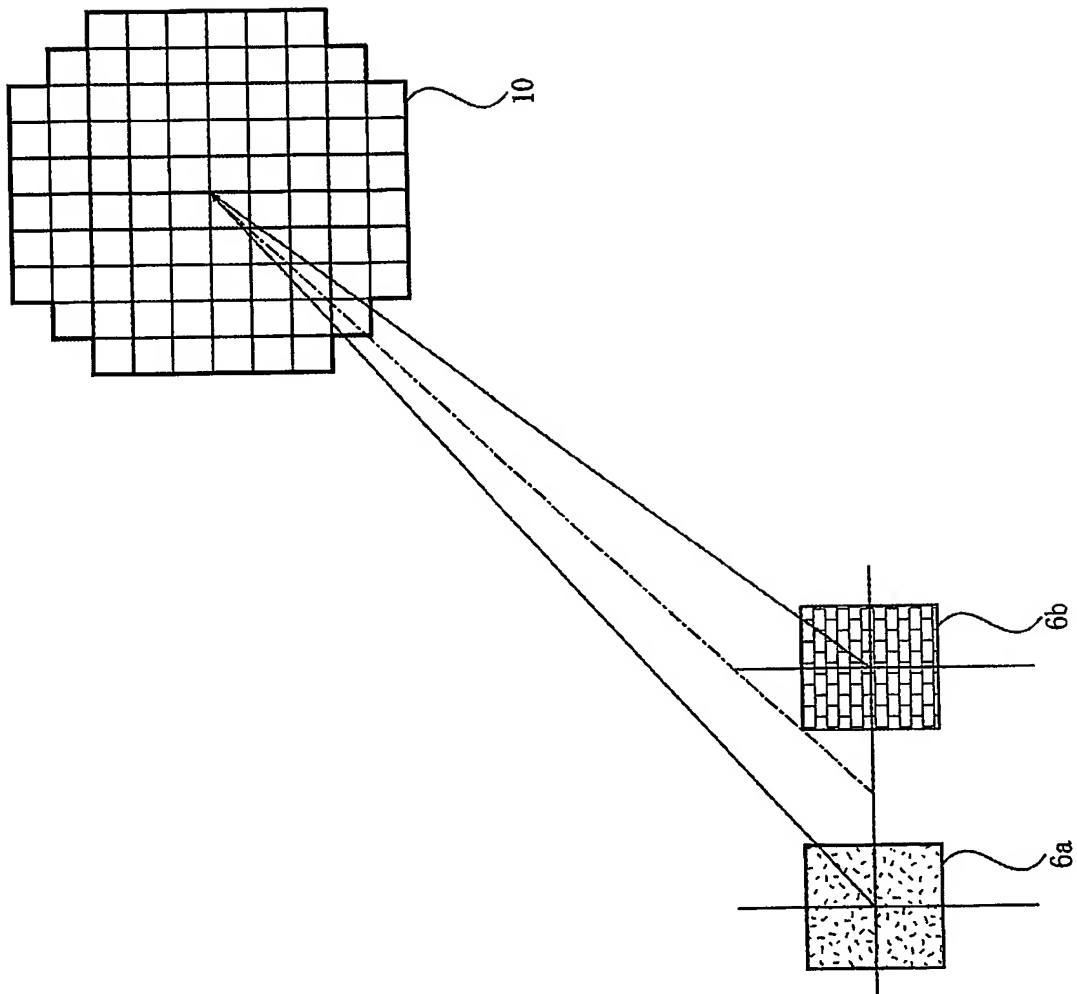
- 2 ビーム整形光学系
- 3 ビームスプリッタ
- 4 ミラー
- 5 偏光ユニット
- 6 C G H
- 7 コリメータ
- 8 光路統合素子
- 9 ミラー
- 1 0 インテグレータ
- 1 1 コンデンサ
- 1 2 スリット
- 1 3 コンデンサ
- 1 4 ミラー
- 1 5 コリメータ
- 1 6 レチクル
- 1 7 ビームスプリッタ
- 1 8 フォトディテクタ
- 2 1 投影光学系
- 2 2 ウエハ
- 2 3 チャック
- 2 4 ステージ
- 2 5 光量検出系
- 2 8 虹彩絞り

【書類名】 図面

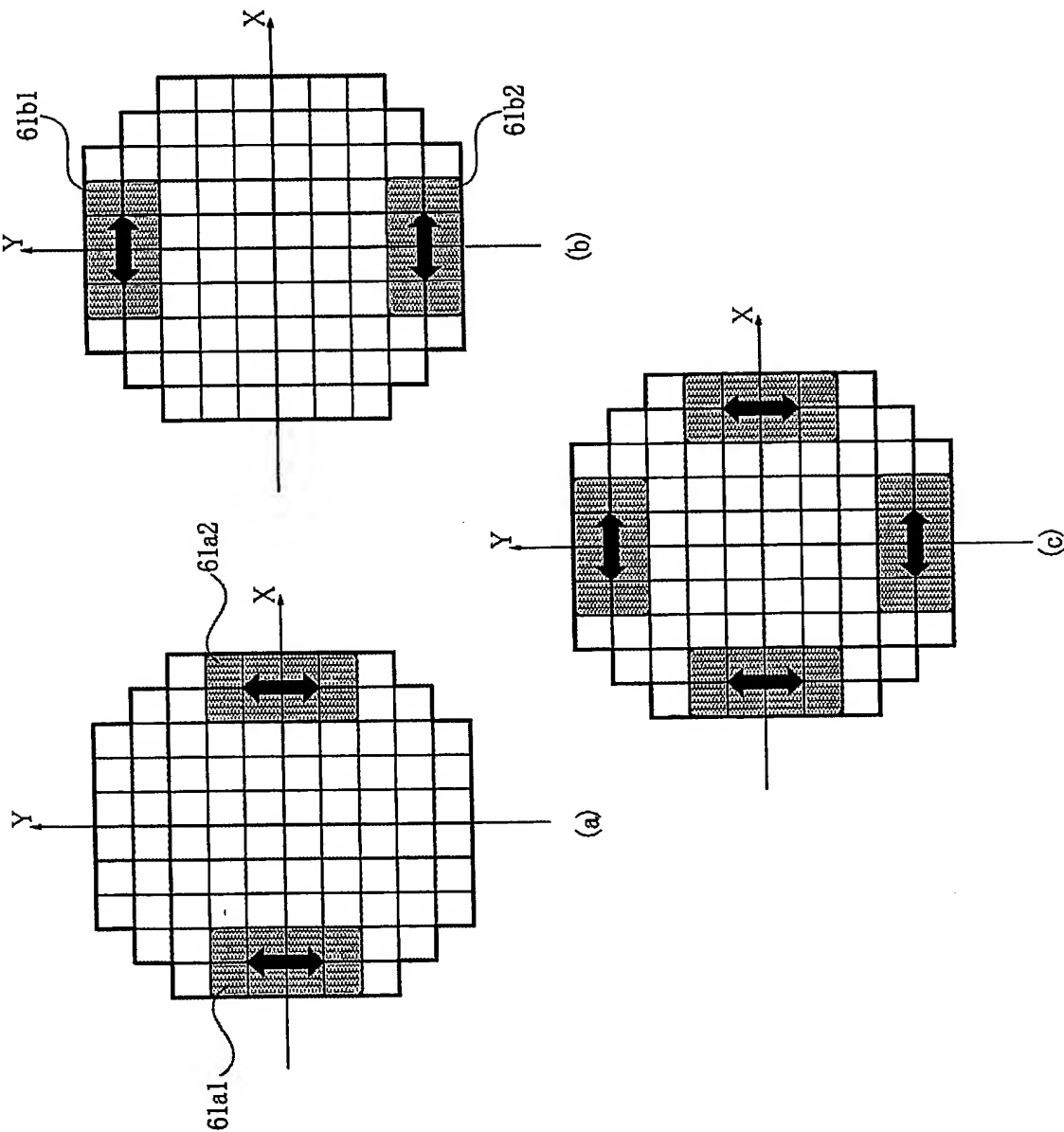
【図 1】



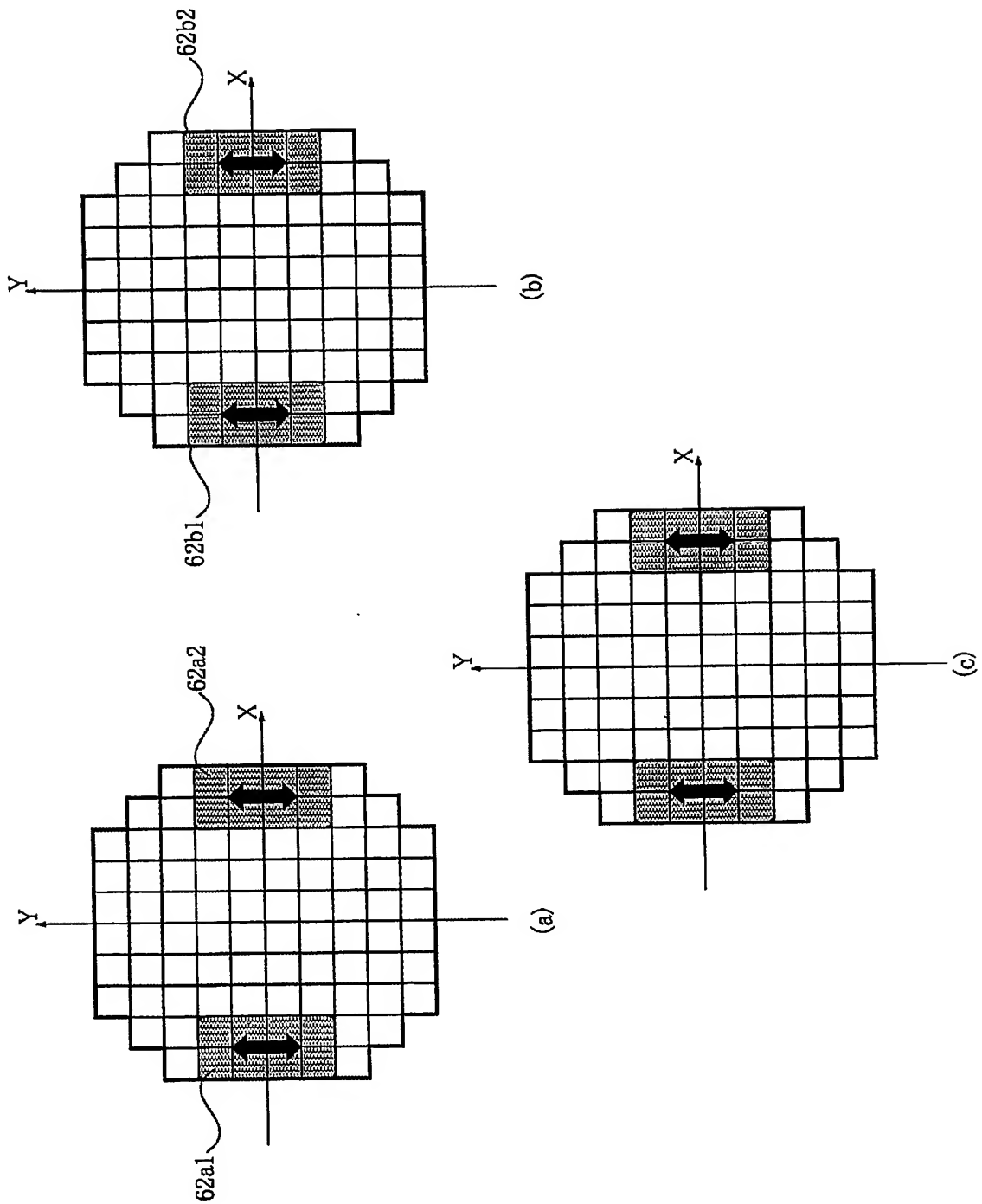
【図 2】



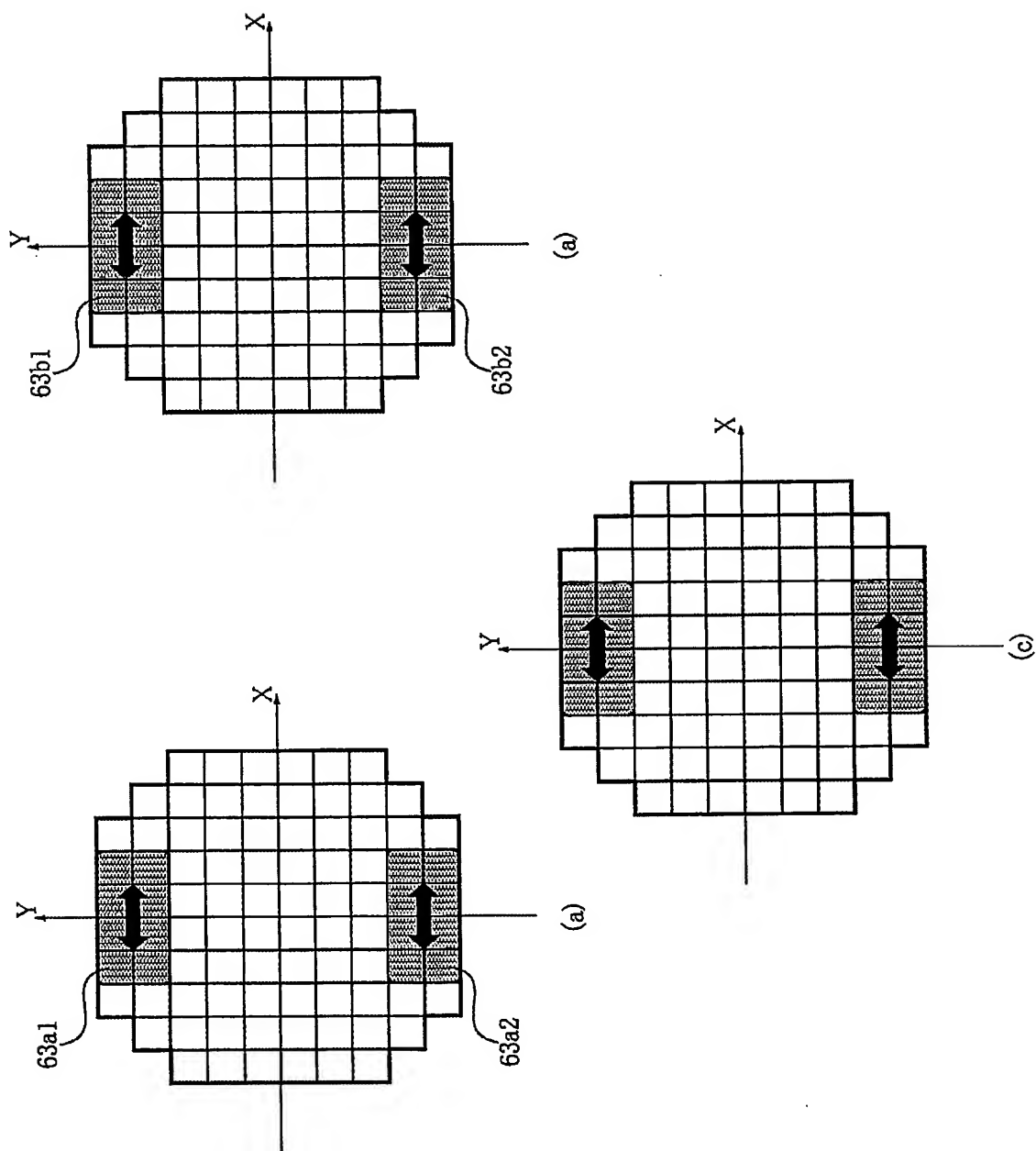
【図 3】



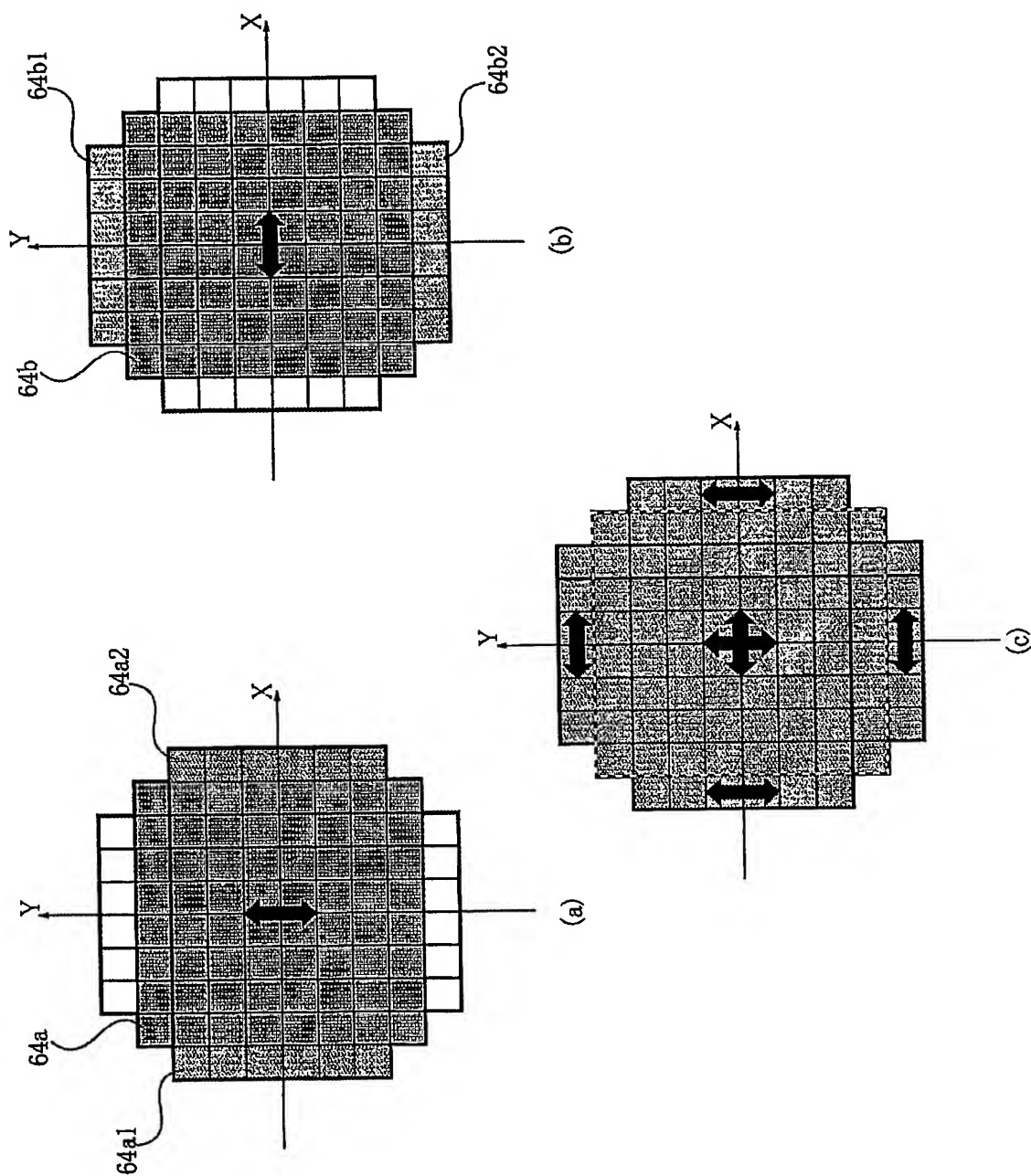
【図 4】



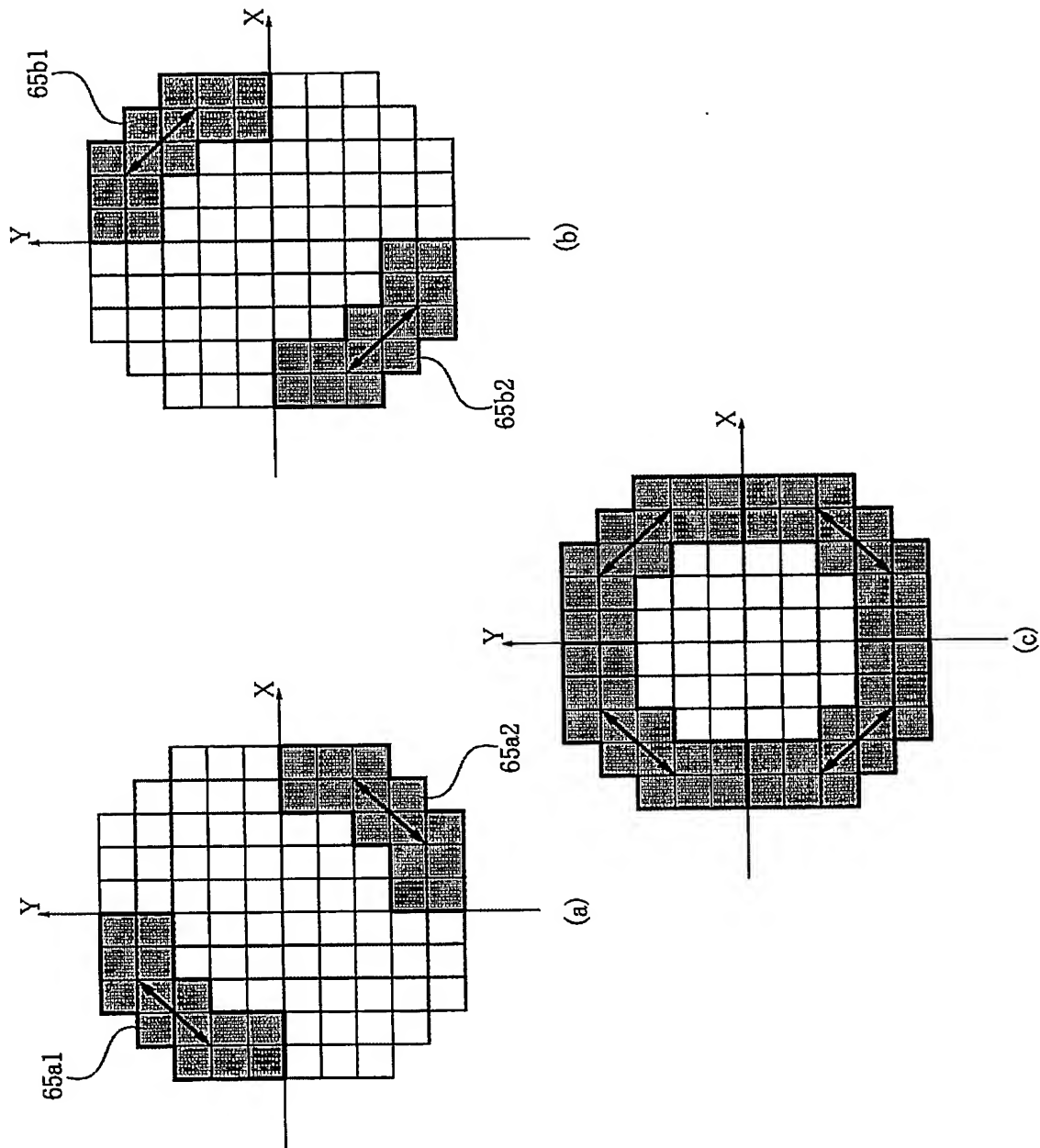
【図 5】



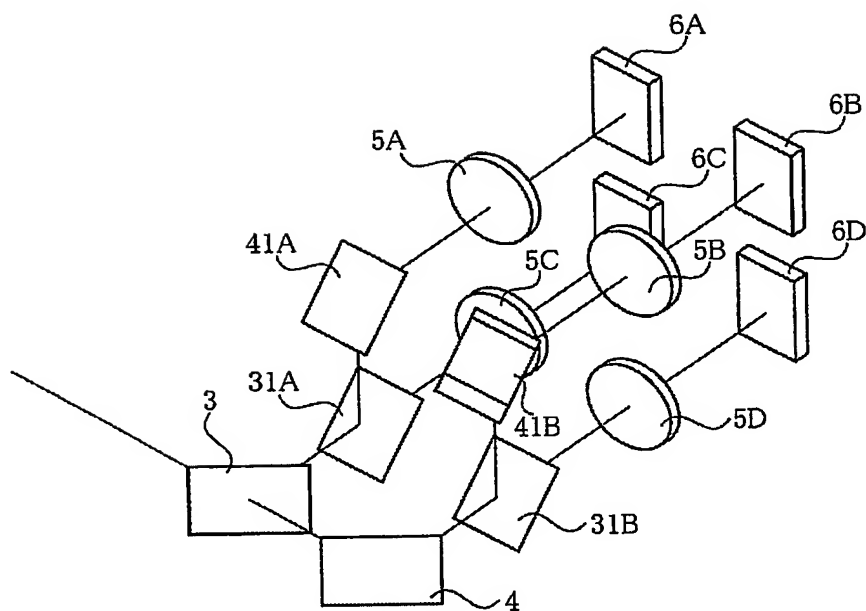
【図 6】



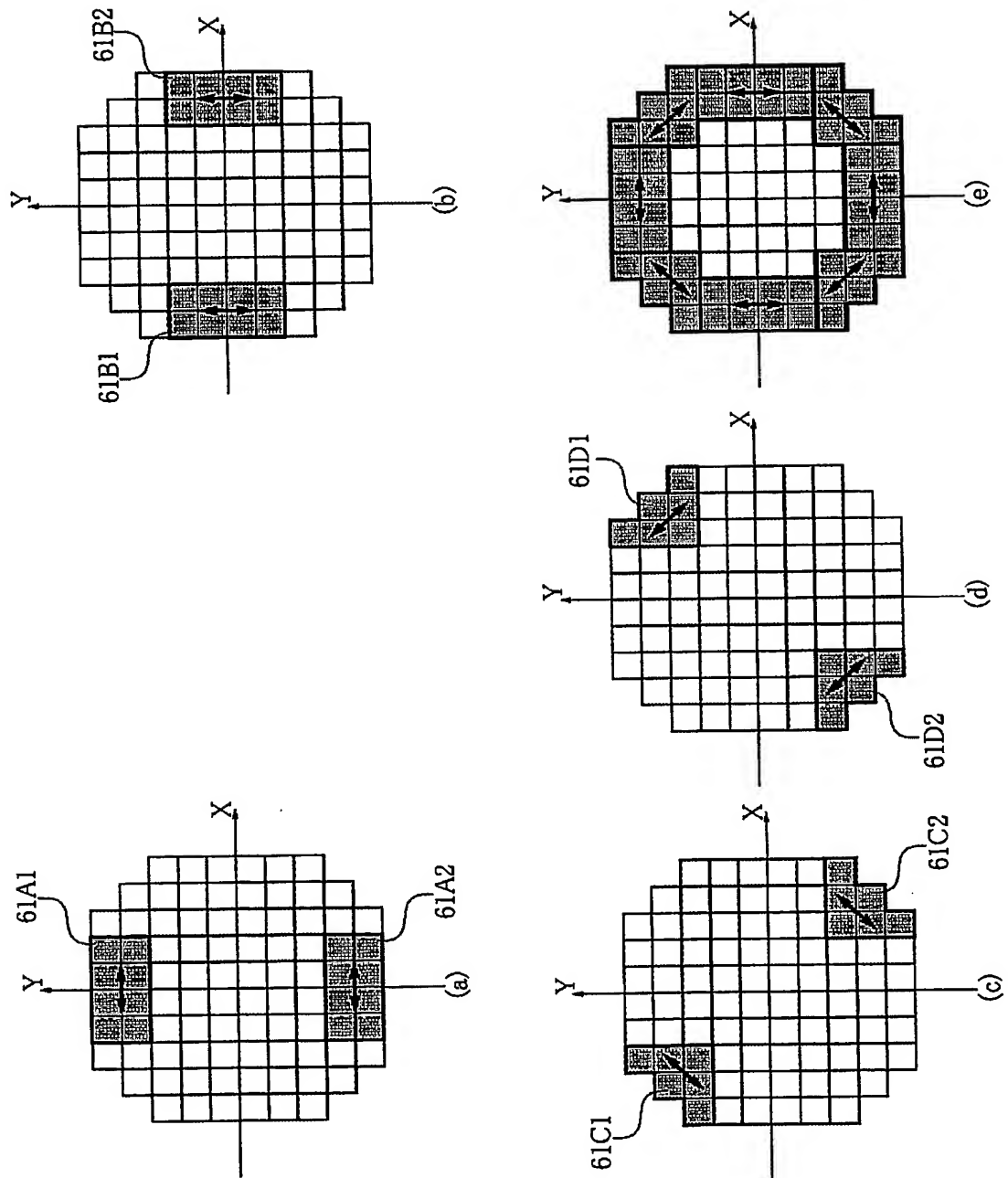
【図 7】



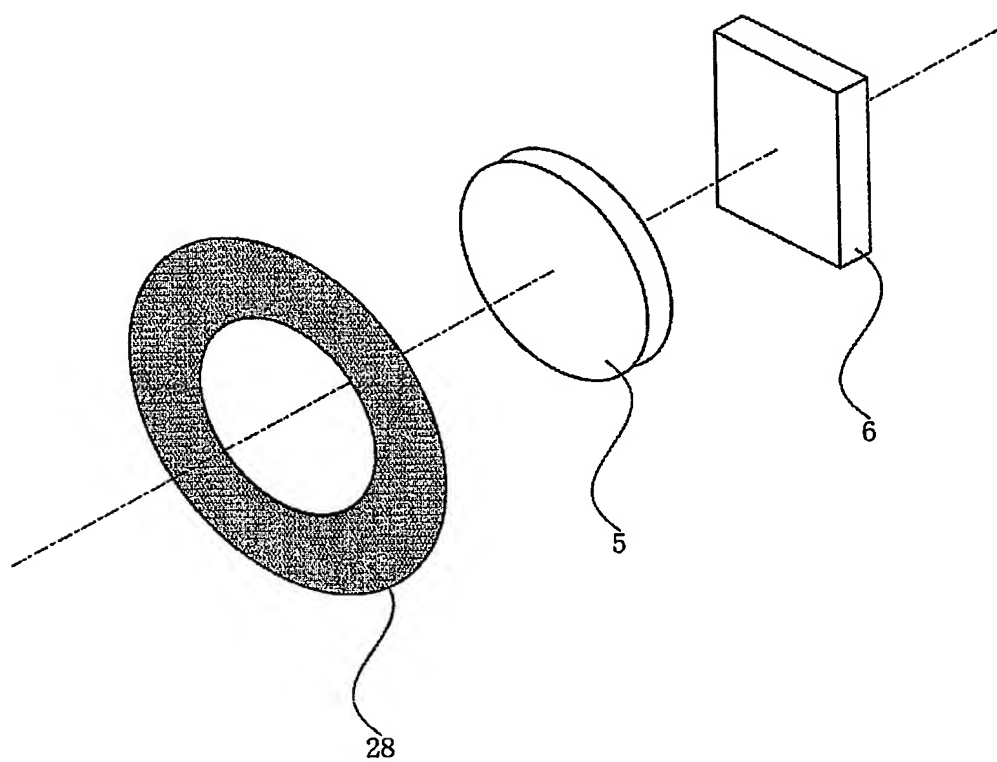
【図 8】



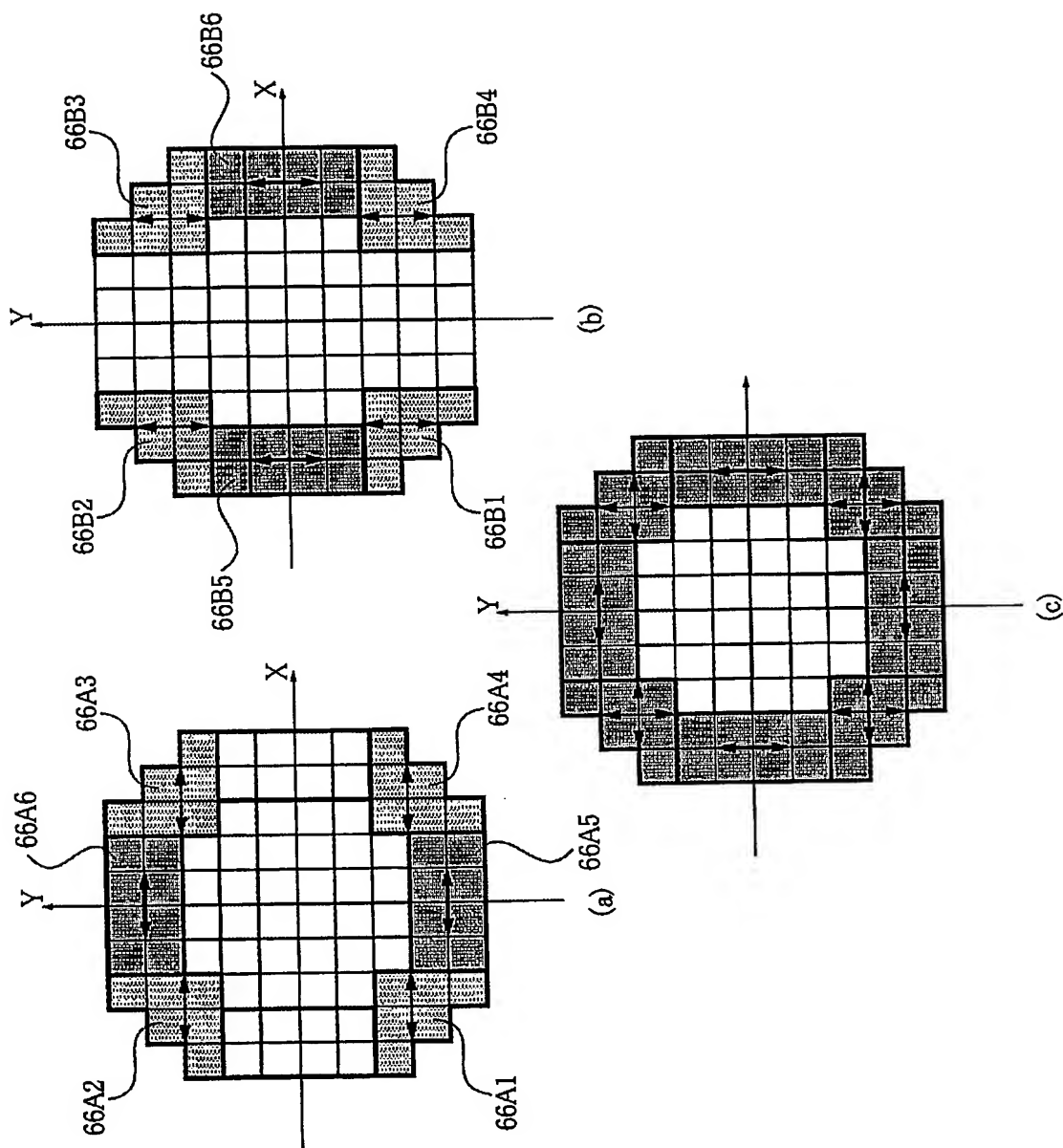
【図 9】



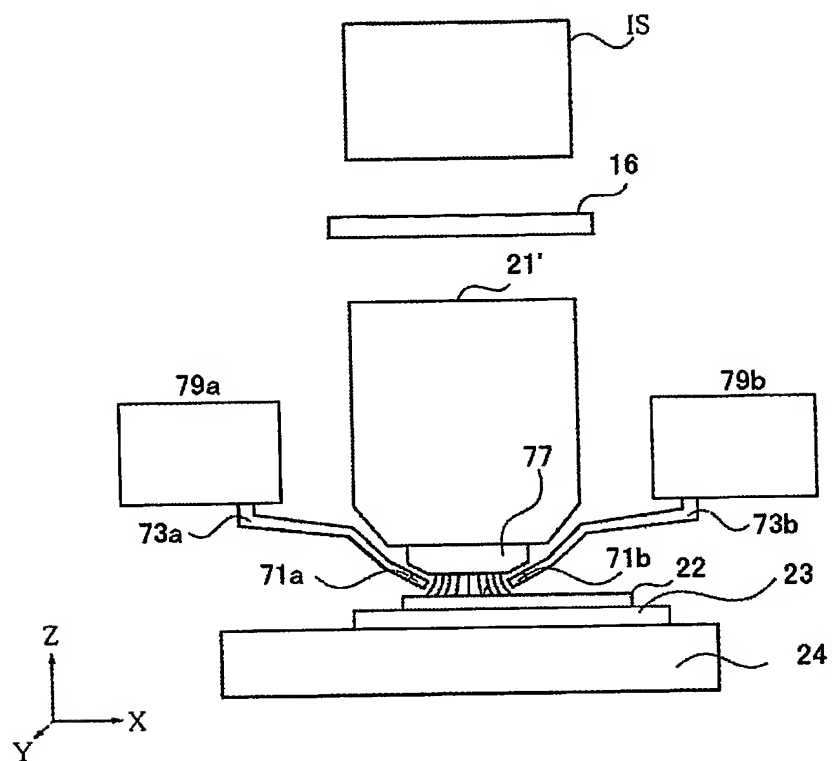
【図 10】



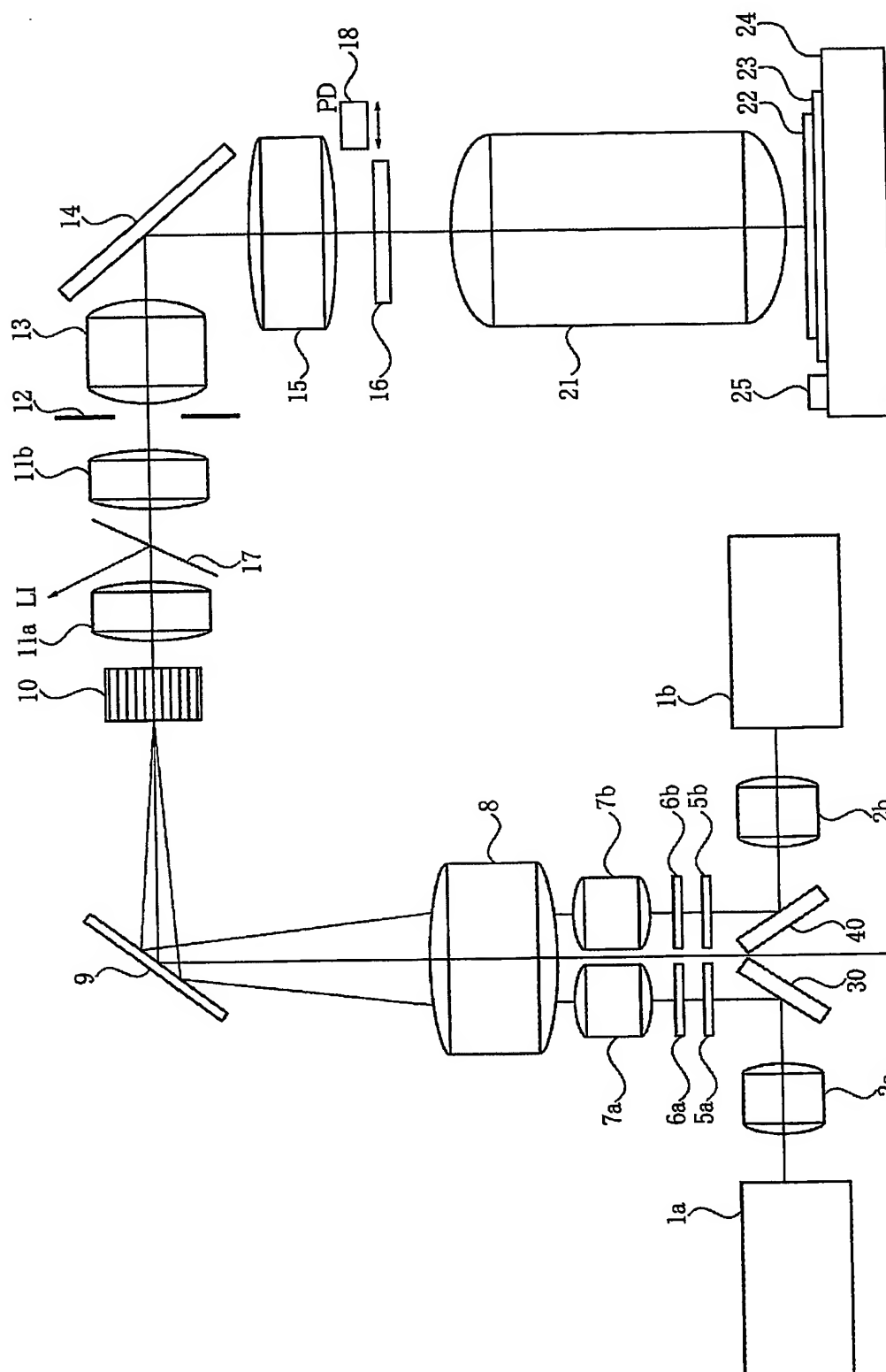
【図 11】



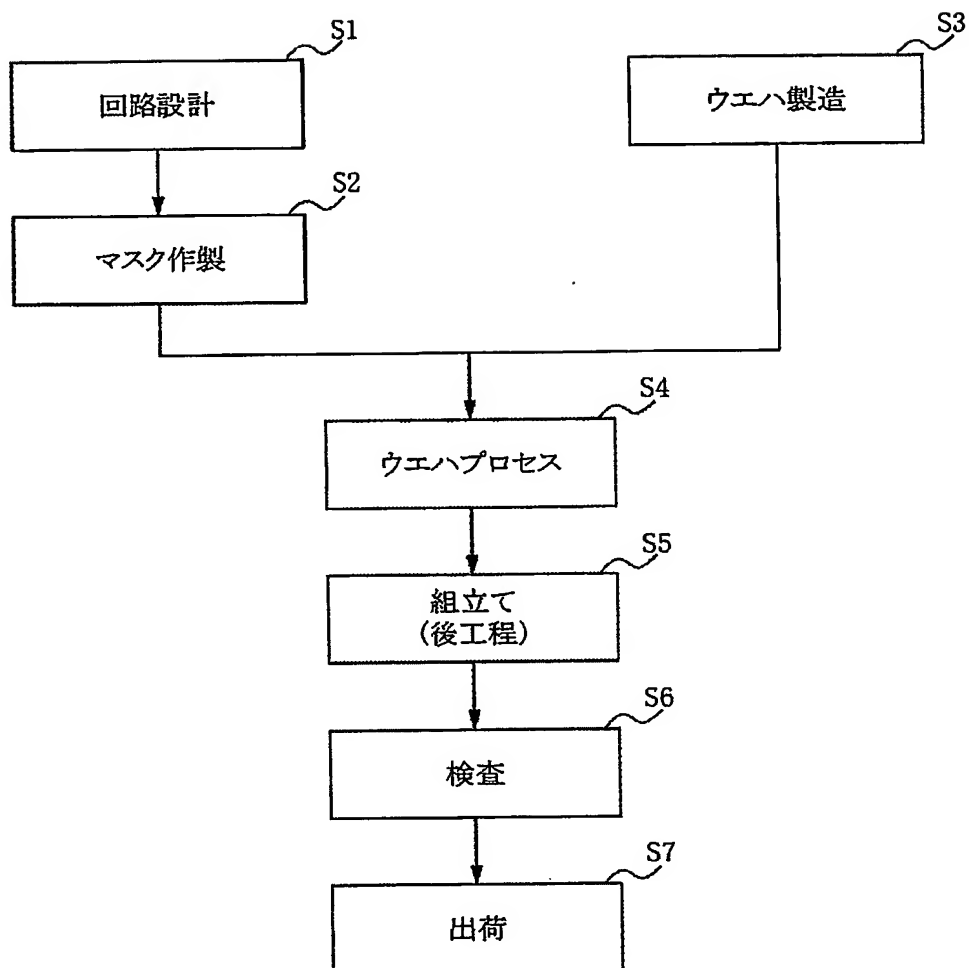
【図 12】



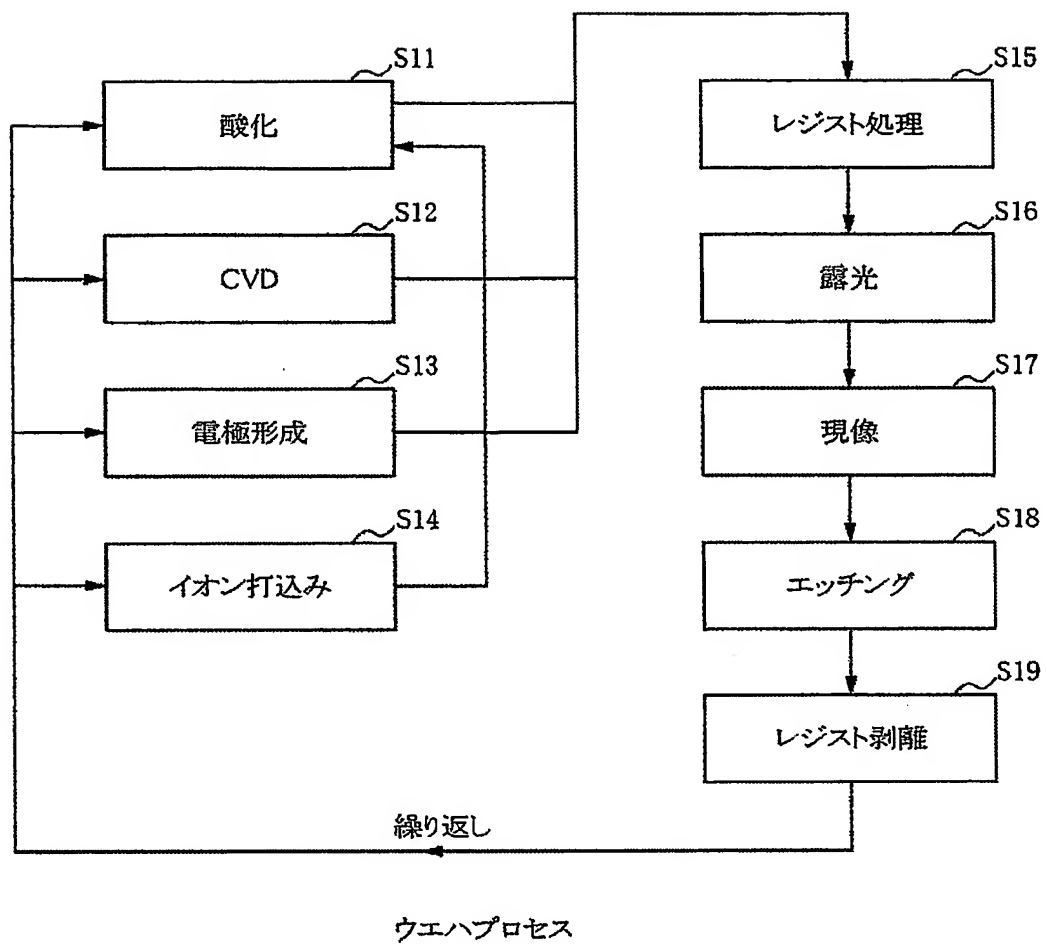
【図 13】



【図 14】



【図 15】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 偏光とCGHによる光学系のマッチングを図り、特に液浸式露光装置の投影光学系のような高NA光学系に好適な照明系を提供すること。

【解決手段】 露光装置において、光路を複数個にわけ、各光路にCGHと偏光ユニットを置いて、インテグレータの入射面で両者を再統合する照明光学系を備えた。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 3 - 3 2 1 4 1 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 1 0 0 7]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号

氏 名

キャノン株式会社